

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 29 779 A 1

51 Int. Cl. 7:
G 06 T 15/00
G 06 K 9/46

21 Aktenzeichen: 199 29 779.7
22 Anmeldetag: 29. 6. 1999
43 Offenlegungstag: 11. 1. 2001

DE 199 29 779 A 1

71 Anmelder:
TomTec Imaging Systems GmbH, 85716
Unterschleißheim, DE

74 Vertreter:
Müller, Schupfner & Gauger, 80539 München

72 Erfinder:
Waldinger, Johannes, 85579 Neubiberg, DE; Bayer,
Dieter, 85716 Unterschleißheim, DE; Kaiser,
Dietmar, 85368 Moosburg, DE

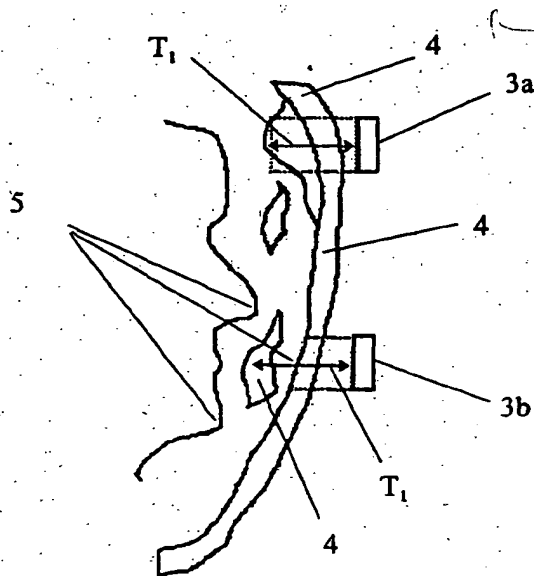
56 Entgegenhaltungen:
DE 3 873 03 1T2
Frieder, G., Gordon, D., Reynolds, R.: Back-to-
Front Display of Voxel-Based Objects, IEEE
CG & A, January 1985, S. 52-60;
Weng, N.: Yang, Y., Pierson, R.: Three-Dimensional
Surface Reconstruction Using Optical Flow for
Medical Imaging, IEEE trans. on Medical Imaging,
Vol. 16, No. 5, October 1997, S. 630-641;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Verfahren zur Segmentierung von Bilddaten

67 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Segmentierung von Bilddaten aus einem dreidimensionalen Bilddatensatz. Dieser Bilddatensatz besteht aus einer Vielzahl von in allen drei Raumrichtungen liegenden Bilddatenwürfel. Nach der Bestimmung einer Bezugsfläche (3) werden, ausgehend von jedem Bilddatenwürfel der Bezugsfläche (3) in einer Selektierichtung des dreidimensionalen Bilddatensatzes, einzelne Bilddatenwürfel in Abhängigkeit eines Segmentierkriteriums selektiert und im Anschluß die selektierten Bilddatenwürfel gekennzeichnet. Jeder Bilddatenwürfel bildet dabei mit Vorteil die kleinste Informationszelle des dreidimensionalen Bilddatensatzes, während als Segmentierkriterium bestimmte Informationsinhalte des Bilddatenwürfels verwendet werden, bis bestimmte Segmentiertiefen (T_1 , T_2) entlang der Selektierichtung erreicht werden.



DE 199 29 779 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Segmentierung von Bilddaten aus einem dreidimensionalen Bilddatensatz, der aus einer Vielzahl von in allen drei Raumrichtungen liegenden Bilddatenwürfel besteht.

Verfahren zur Segmentierung von Bilddaten im zweidimensionalen Raum sind bereits bekannt, wobei das Segmentieren von Strukturen mittels einer Maske eingeleitet wird. Beispielsweise wird nach der Aufnahme eines zweidimensionalen Bildes dieses digitalisiert und anhand eines geeigneten Datenverarbeitungsgeräts visualisiert. Der Nutzer kann nun das Bild mittels eines "digitalen Radiergummis" bearbeiten, um beispielsweise Schmutzeffekte oder Unschärfen aus dem Bild zu entfernen. Dementsprechend wird mit Hilfe einer kreisförmigen, rechteckförmigen oder auch beliebig geformten Maske derjenige Bereich des Bildes definiert, der entsprechend bearbeitet werden soll. Im Anschluß daran wird ein Filterkriterium festgelegt, anhand welchem die Bildinformationen intensiviert, verwischt, abgeschwächt oder in sonstiger Weise verändert oder auch gelöscht werden können.

Jedoch fallen in vielen Bereichen der Bildverarbeitung auch dreidimensionale und sogar bewegte dreidimensionale Bilddaten an, die in einem Visualisierungsschritt bearbeitet und analysiert werden. Dabei handelt es sich um dreidimensionale Bilddatensätze, die aus einer Vielzahl von in allen drei Raumrichtungen liegenden Bilddatenwürfel (Voxel) bestehen. Diese Bilddatenwürfel sind als räumliche Pixel zu verstehen und ergeben einen sich in alle drei Raumrichtungen ausbreitenden Bilddatensatz. Ist das aufgenommene Objekt in Bewegung, so kommt zur räumlichen Information die Zeitinformation hinzu.

In der dreidimensionalen Bildverarbeitung gibt es nun verschiedene Methoden, diese dreidimensionalen Bilddatensätze in Schnittverfahren bzw. in sogen. "Rendering"-Methoden darzustellen. Bei der Oberflächendarstellung (dreidimensionales Rendering) gilt es, die strukturierte Oberfläche eines dreidimensionalen Objekts innerhalb einer festen Struktur "herauszuschälen". Bei dieser Oberflächendarstellung kommt es oft zur Überlagerung von Strukturen und damit zu störenden Oberflächen, die die interessierende Oberfläche überlagern und die Sicht auf tieferliegende Strukturen versperren. In dieser Darstellung ist es notwendig, die störenden Strukturen zu markieren und ggf. zu entfernen.

Beispielsweise ist es in der Ultraschalldiagnostik wichtig, die inneren Organe eines menschlichen Körpers strukturiert darzustellen, um ggf. Mißbildungen oder krankhafte Stellen erkennen zu können. Diese strukturierte dreidimensionale Oberflächendarstellung ist für die Diagnostik weitaus besser geeignet als herkömmliche Schnittbilder, die auch aus der Röntgentechnik bekannt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Segmentierung von Bilddaten aus einem dreidimensionalen Bilddatensatz anzugeben, womit strukturierte Oberflächen innerhalb des Bilddatensatzes erkannt werden, wobei dieses Verfahren schnell und kostengünstig anwendbar sein soll.

Die Erfindung löst die ihr zugrundeliegende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet und beansprucht. Eine Verwendung des Verfahrens ist in Patentanspruch 8 beansprucht.

Das erfindungsgemäße Verfahren geht zunächst von einem dreidimensionalen Bilddatensatz aus, der aus einer Vielzahl von in allen drei Raumrichtungen liegenden Bilddatenwürfel (Voxel) besteht. Nach der Bestimmung einer

Bezugsfläche innerhalb oder außerhalb des 3D-Bilddatensatzes werden ausgehend von jedem einzelnen Bilddatenwürfel bzw. von jeder Teilfläche dieser Bezugsfläche in einer Selektierrichtung des dreidimensionalen Bilddatensatzes, d. h. in eine Richtung der zu suchenden Struktur innerhalb des Bilddatensatzes, einzelne Bilddatenwürfel in Abhängigkeit eines bestimmten Segmentierkriteriums selektiert und im Anschluß daran die selektierten Bilddatenwürfel gekennzeichnet. Jeder Bilddatenwürfel bildet dabei mit Vorteil die kleinste Informationszelle des dreidimensionalen Bilddatensatzes, während als Segmentierkriterien bestimmte auf die Informationsinhalte des Bilddatenwürfels abgestimmte Richtlinien und Grenzwerte verwendet werden, bis bestimmte Segmentiertiefen entlang der Selektierrichtung erreicht werden.

In Abhängigkeit dieser Segmentierkriterien werden die selektierten Bilddatenwürfel gekennzeichnet und weiterverarbeitet.

Beispielsweise lassen sich solche Bilddatenwürfel, die in einer späteren, dreidimensionalen Darstellung nicht gezeigt werden sollen, d. h. die die vorerwähnten Schmutzeffekte repräsentieren löschen bzw. als transparent definieren.

Dieses Verfahren eignet sich auch zur Echtzeitkorrektur von dreidimensionalen digitalen Bildern, wobei der Betrachter anhand der vordefinierten Bezugsfläche eine bestimmte Selektiertiefe einstellt und ein bestimmtes Segmentierkriterium wählt, um dann die "Radiierung" bzw. Segmentierung der Bilddaten entlang der Blickrichtung "hinter" der Bezugsfläche in die Tiefe des Bilddatenwürfels vorzunehmen. Sollte dabei nicht die gewünschte Struktur sichtbar werden, können erneute Segmentierungsvorgänge durchgeführt werden, wobei entweder die Segmentiertiefe oder das Segmentierkriterium verändert oder ausgewechselt wird.

Mit Vorteil enthält jeder Bilddatenwürfel eine Grauwertinformation, so daß diejenigen Bilddatenwürfel, die entlang der Selektierrichtung des dreidimensionalen Bilddatensatzes, die eine bestimmte Grauwertschwelle entweder über- oder unterschreiten, gekennzeichnet und gelöscht werden können, bis eine erste Segmentiertiefe erreicht ist. Darüber hinaus wäre es möglich, als Segmentierkriterium die Änderungsgeschwindigkeit der Grauwertinformation pro Längeneinheit der Segmentiertiefe heranzuziehen, d. h. den Grauwertgradienten entlang der Selektierrichtung, um bei Sprüngen dieses Gradienten diese Schwellen zu markieren, um beispielsweise den Übergang von einer "festeren" Struktur zu einer nicht so festen Struktur feststellen zu können. Anhand dieser Grauwertgradienten können leicht strukturierte Oberflächen innerhalb des Bilddatenwürfels kenntlich gemacht werden.

Als Segmentierkriterium können jedoch neben den Grauwertinformationen auch Bewegungsinformationen des aufgenommenen Objekts oder Aufnahmezeitinformationen verwendet werden, wobei das Objekt mittels eines Aufnahmeverfahrens aufgenommen und durch den dreidimensionalen Bilddatensatz dargestellt wird. In der Ultraschalltechnologie eignet es sich beispielsweise während der Aufnahme der einzelnen Schichtbilder des dreidimensionalen Bilddatensatzes, die im Anschluß an die Aufnahme derart übereinandergeschichtet werden, daß sich der dreidimensionale Bilddatensatz ergibt, zusätzlich die Aufnahmezeitpunkte zu speichern, um evtl. Bewegungen des Objekts, beispielsweise eine maximal zulässige Abweichung von vordefinierten Werten (Unschärfekriterium), mit in das Segmentierkriterium einfließen zu lassen.

Entlang der Selektierrichtung werden dabei verschiedene Segmentiertiefen verwendet, bis eine bestimmte Oberflächenstruktur aus einzelnen Bilddatenwürfel gekennzeichnet ist, die einem vordefinierten Segmentierkriterium entspre-

chen. Dadurch lassen sich die gesuchten Bilddatenwürfel strukturierter Oberflächen, die unterschiedliche Abstände von der Bezugsfläche aufweisen, kenntlich machen. Zur Darstellung dieser strukturierten Oberfläche eignet es sich, entlang der Selektierichtung diejenigen Bilddatenwürfel, die eine bestimmte Grauwertschwelle überschreiten, zu löschen, bis eine Strukturtiefe erreicht ist, um Grauwerte derjenigen Bilddatenwürfel, die sich auf oder hinter der Strukturtiefe befinden, in einem dreidimensionalen Bild darzustellen. Dieses Verfahren eignet sich beispielsweise für Objekte, die in einer Füllmasse oder in eine Aufbewahrungsfähigkeit liegen, wobei bekannt ist, daß man sich ab einer bestimmten Strukturtiefe entlang der Selektierichtung innerhalb des mit schwachen Grauwerten dargestellten Aufbewahrungsmediums befindet, so daß sämtliche hinter dieser Strukturtiefe liegenden Bilddatenwürfel genau die Oberfläche des darzustellenden Objekts repräsentieren. Um filigrane Oberflächen besonders genau darstellen zu können, werden die Segmentierkriterien für jede Segmentiertiefe sukzessive verfeinert, um schrittweise eine immer größere Schärfe des Bildes darzustellen.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich bei der Segmentierung von Bilddaten aus einem dreidimensionalen Ultraschallbilddatensatz verwenden, um die Oberflächen von Objekten innerhalb menschlicher oder tierischer Körper darzustellen. Diese Objekte können beispielsweise innere Organe, wie Herz, Leber oder Niere sein, jedoch auch der Fötus im Mutterleib, der im Fruchtwasser schwimmt.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 die strukturierte Oberfläche eines Fötuskopfes im dreidimensionalen Bilddatensatz;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung des Bilddatensatzes nach **Fig. 1** mit Strukturgrenzen;

Fig. 3 die Schnittdarstellung nach **Fig. 2** während des zweiten Schrittes einer Segmentierung

Fig. 4 die Schnittdarstellung der **Fig. 2** nach der Segmentierung, und

Fig. 5 die strukturierte Oberfläche der **Fig. 1** während des Segmentierungsvorganges.

Fig. 1 zeigt die dreidimensionale strukturierte Oberfläche **2** eines menschlichen Kopfes, beispielsweise des Fötuskopfes im Mutterleib, innerhalb des dreidimensionalen Bilddatensatzes, der zum größten Teil bereits segmentiert ist sowie die Bezugsfläche **3**, die zur Segmentierung herangezogen wird. Auf der rechten Seite erkennt man den Schnitt **1** durch den dreidimensionalen Bilddatenwürfel, der in **Fig. 2** schematisch dargestellt ist. Ebenfalls erkennt man in **Fig. 1** Strukturen **5** der strukturierten Oberfläche **2** mit der Nase **5a** und dem Mund **5b**, die zum größten Teil bereits aus dem Bilddatenwürfel segmentiert wurden. Das Verfahren beschreibt dabei das Segmentieren eines ein- oder mehrkanaligen, d. h. farbigen Datensatzes unter Einbeziehung der in **Fig. 1** dargestellten Grauwertinformationen und einer variablen Segmentiertiefe **T**. Das Segmentierungswerkzeug entspricht einem auf Grauwertschwellen basierenden "intelligenten 3D-Radiergummi".

Fig. 2 zeigt schematisch einen Schnitt **1** durch den dreidimensionalen Bilddatensatz nach **Fig. 1**, wobei Übergänge zwischen schwächeren und stärkeren Grauwerten als schwarze Linien, d. h. als Struktur **5** dargestellt werden. Ebenfalls dargestellt sind zwei Bezugsflächen **3a** bzw. **3b**, die in vertikaler Richtung diskontinuierlich vor der Oberflächenstruktur definiert werden, um, wie in **Fig. 2** dargestellt, mittels bestimmter Segmentiertiefen, beispielsweise einer Segmentiertiefe **T₁**, solche vorgelagerten Strukturen **4** zu erkennen und zu entfernen, die als "Schmutzschichten" vor der eigentlichen Struktur, d. h. dem zu untersuchenden Ob-

jekt liegen.

In **Fig. 2** erkennt man, daß bei der oberen Bezugsfläche **3a** entlang der Segmentiertiefe **T₁** keine Grauwertschwelle vorhanden ist, da sich entlang der Segmentiertiefe **T₁** zwei aufeinanderliegende vorgelagerte Strukturen **4** befinden, so daß keine Grauwertschwelle vorhanden ist. Die obere Bezugsfläche **3a** "nutzt" daher die volle Segmentiertiefe aus und "radiert" die komplette vorgelagerte Struktur **4** weg.

Im Gegensatz dazu existiert entlang der Segmentiertiefe **T₁** der unteren zweiten Bezugsfläche **3b**, wie dies beispielhaft in **Fig. 2** dargestellt wird, eine Grauwertschwelle, da sich zwischen der ersten vorgelagerten Struktur und der zweiten vereinzelt vorgelagerten Struktur ein Zwischenraum befindet. Dadurch ergibt sich auf der von der Bezugsfläche **3b** abgewandten Seite der ersten vorgelagerten Struktur eine Strukturlinie **S**, d. h. eine Grauwertschwelle, so daß ausgehend von der zweiten Bezugsfläche **3b** nur solche Bilddatenwürfel markiert bzw. gelöscht werden, die zur ersten vorgelagerten Struktur gehören. Die zweite vereinzelt, dahinterliegende, vorgelagerte Struktur wird nicht markiert.

Fig. 3 zeigt nun den Schnitt nach **Fig. 2**, wobei eine zweite Segmentiertiefe **T₂** verwendet wird, nachdem die in **Fig. 2** gekennzeichneten Bilddatenwürfel gelöscht wurden. Dabei wird wiederum ausgehend von der beispielsweise unteren Bezugsfläche **3b** nach einer Strukturoberfläche gesucht, wobei als Segmentierkriterium die Grauwertinformationen der einzelnen Bilddatenwürfel und der Grauwertgradient entlang der Selektierichtung verwendet wird. Hier erkennt das Verfahren entlang der Segmentiertiefe der unteren zweiten Bezugsfläche **3b** die zweite vorgelagerte Struktur **4** und die auf der der Bezugsfläche **3b** abgewandten Seite der zweiten vorgelagerten Struktur **4** befindlichen Strukturlinie, wobei auch hier nur solche Bilddatenwürfel gekennzeichnet und ggf. gelöscht werden, die bis zu dieser Strukturlinie erkannt wurden.

Fig. 4 zeigt das Resultat des Verfahrens, wobei die gekennzeichneten Bilddatenwürfel im Bereich **6** entfernt wurden, während die an sich interessierende Struktur **5** in einer Strukturtiefe **T₃** nun sichtbar wird.

Fig. 5 zeigt wiederum die strukturierte Oberfläche nach **Fig. 1** mit der Struktur **5** und der Schnittkante **1**, wobei "hinter" der Bezugsfläche **3** die gekennzeichneten und bereits gelöschten Bilddatenwürfel im Bereich **6** zu erkennen sind. Ein mehrfaches "Radieren", d. h. Segmentieren von Bilddaten, ausgehend von einer Bezugsfläche, führt nicht automatisch zu einem tiefen Profil, da die Segmentiertiefe zunächst festgelegt ist. Dies hat den Vorteil, daß beim Segmentieren filigrane Konturen durch mehrfaches Überstreichen, d. h. durch mehrfaches Segmentieren entlang der Blickrichtung ausgehend von der Bezugsfläche **3** nicht unbeabsichtigt "zu tief radiert" werden.

Das Segmentiervorgang kann durch erneutes Aktivieren ausgehend von der Bezugsfläche **3** die nächste Segmentiertiefe vorgeben. Mit Vorteil werden die gekennzeichneten Bilddatenwürfel, die beispielsweise "gelöscht" werden, separat abgespeichert, um ggf. später wieder "sichtbar" gemacht zu werden. Jede Kennzeichnung von Bilddatenwürfel kann schrittweise bis zum Originalzustand wieder rückgängig gemacht werden ("Undo, Redo").

Patentansprüche

1. Verfahren zur Segmentierung von Bilddaten aus einem dreidimensionalen Bilddatensatz, der aus einer Vielzahl von in allen drei Raumrichtungen liegenden Bilddatenwürfel besteht, indem eine Bezugsfläche (**3**) bestimmt wird, ausgehend von jedem Bilddatenwürfel der Bezugsfläche (**3**) in einer Selektierichtung des

dreidimensionalen Bilddatensatzes einzelne Bilddatenwürfel in Abhängigkeit eines Segmentierkriteriums selektiert werden, und die selektierten Bilddatenwürfel gekennzeichnet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Bilddatenwürfel die kleinste Informationszelle des dreidimensionalen Bilddatensatzes darstellt und als Segmentierkriterium bestimmte Informationsinhalte des Bilddatenwürfels verwendet werden, bis eine erste Segmentiertiefe (T_1) entlang der Selektierrichtung erreicht ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Bilddatenwürfel eine Grauwertinformation enthält und entlang der Selektierrichtung des dreidimensionalen Bilddatensatzes die Bilddatenwürfel, die eine bestimmte Grauwertschwelle über- oder unterschreiten, gekennzeichnet und gelöscht werden, bis die erste Segmentiertiefe (T_1) erreicht ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Segmentierkriterium Grauwertinformationen und/oder Bewegungsinformationen und/oder Aufnahmezeitinformationen eines Objekts verwendet werden, wobei das Objekt mittels eines Aufnahmeverfahrens aufgenommen und durch den dreidimensionalen Bilddatensatz dargestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß entlang der Selektierrichtung verschiedene Segmentiertiefen (T_1 , T_2) verwendet werden, bis eine Oberflächenstruktur aus einzelnen Bilddatenwürfel gekennzeichnet ist, die einem vordefinierten Segmentierkriterium entsprechen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß entlang der Selektierrichtung die Bilddatenwürfel, die eine bestimmte Grauwertschwelle überschreiten, gelöscht werden, bis eine Strukturtiefe (T_3) erreicht ist, und daß die Grauwerte derjenigen Bilddatenwürfel, die sich auf oder hinter der Strukturtiefe (T_3) befinden, in einem dreidimensionalen Bild dargestellt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Segmentierkriterium für jede Segmentiertiefe (T) sukzessive verfeinert wird.

8. Verwendung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche für die Segmentierung von Bilddaten aus einem dreidimensionalen Ultraschallbilddatensatz zur Darstellung von Oberflächen von Objekten innerhalb menschlicher oder tierischer Körper.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig 1

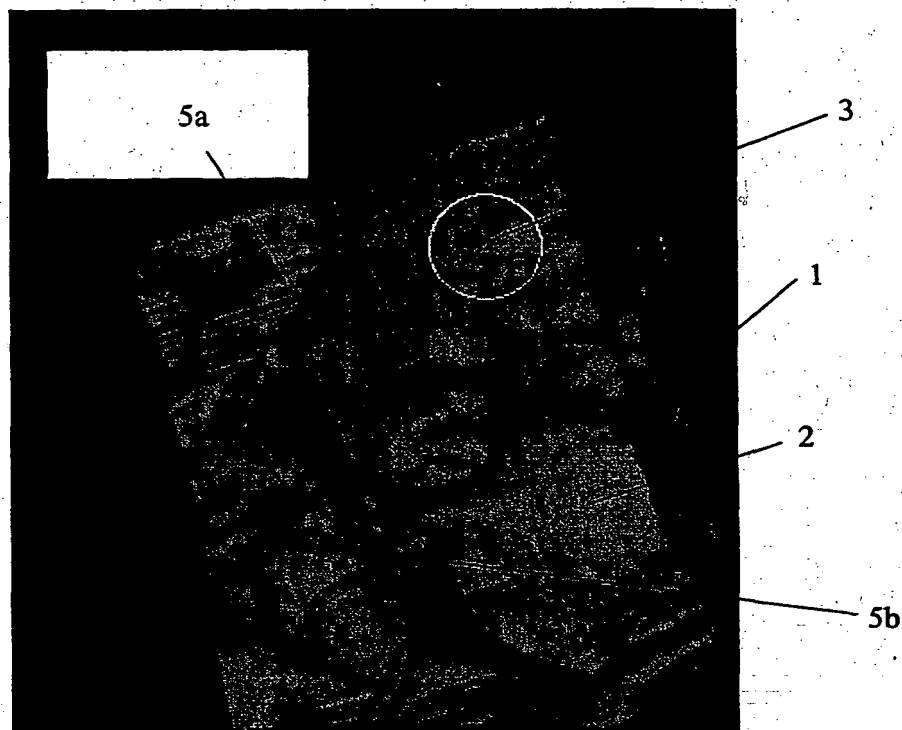


Fig 2

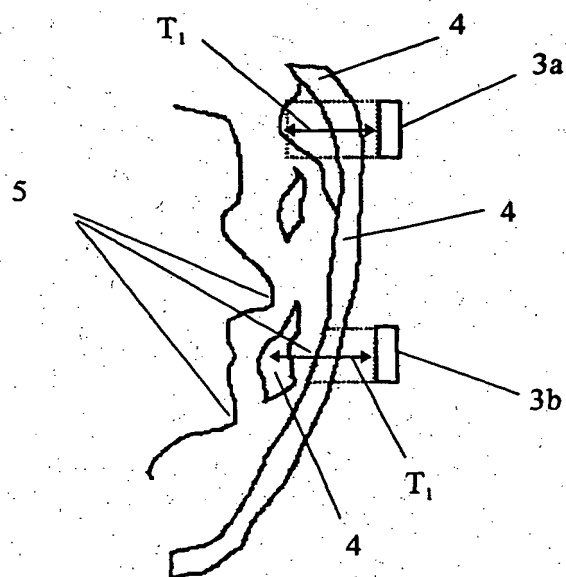


Fig 3

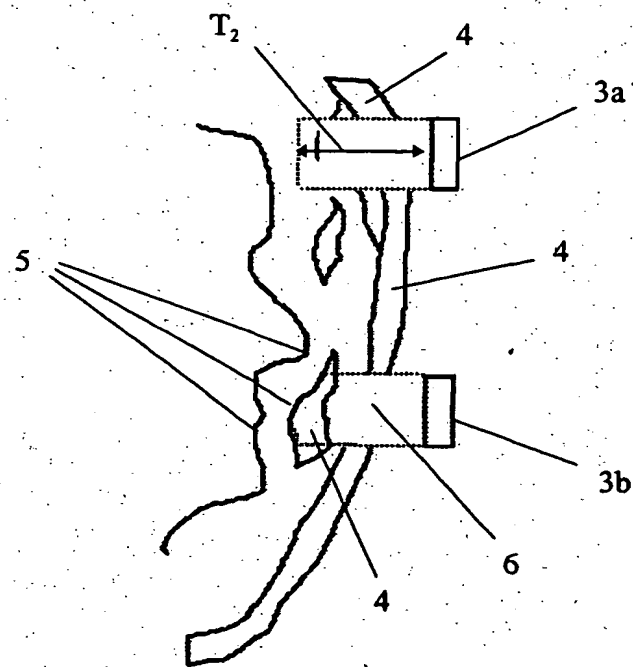


Fig 4

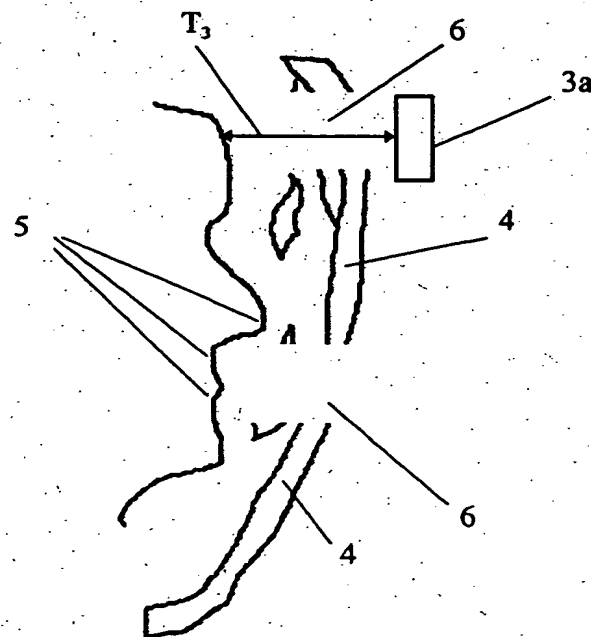
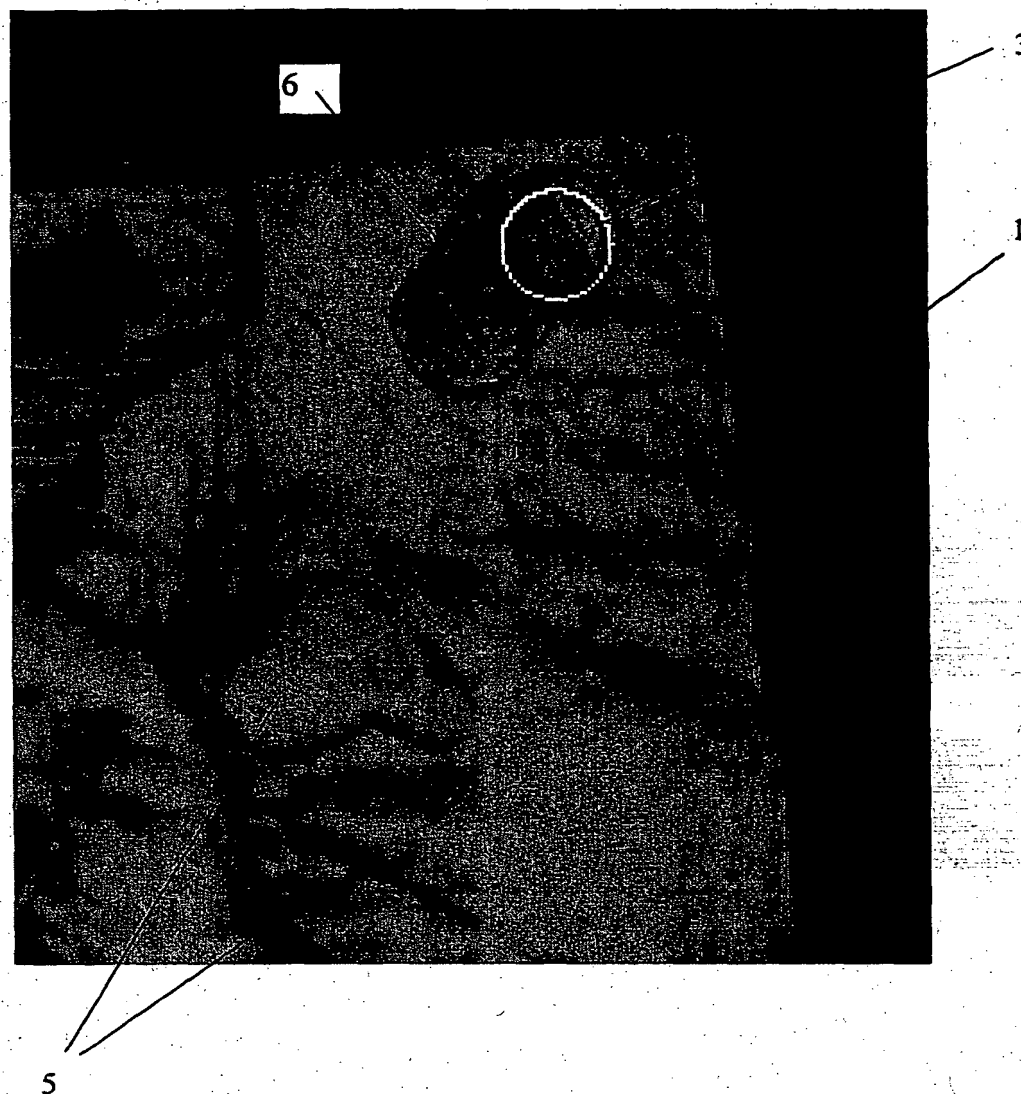


Fig 5



BEST AVAILABLE COPY

AN: PAT 2001-192404
TI: Segmenting image data involves selecting individual image data cubes according to defined criteria starting from each data cube in selection direction, identifying selected image data cubes
PN: **DE19929779-A1**
PD: 11.01.2001
AB: NOVELTY - The method involves defining a reference surface (3a,3b) for a 3D image data file consisting of a number of image data cubes lying in all three spatial directions. Individual image cubes are selected according to defined criteria starting from each image data cube in a selection direction and the selected image data cubes are identified. DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for an application of the method to an ultrasonic image data file representing surfaces of objects inside human or animal bodies.; USE - For segmenting ultrasonic image data files representing surfaces of objects inside human or animal bodies. ADVANTAGE - Enables structured surfaces within a data file to be detected, whereby the method can be used rapidly and inexpensively. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a an image data set. Reference surfaces 3a,3b Structures of structured surface 5 Segmentation depth T1
PA: (TOMT-) TOMTEC IMAGING SYSTEMS GMBH;
IN: BAYER D; KAISER D; WALDINGER J;
FA: **DE19929779-A1** 11.01.2001;
CO: DE;
IC: G06K-009/46; G06T-015/00;
MC: S05-D03E; T01-J06A; T01-J10B; T01-J10C4;
DC: S05; T01;
FN: 2001192404.gif
PR: DE1029779 29.06.1999;
FP: 11.01.2001
UP: 12.04.2001



